

# Générateur de Bruit Blanc

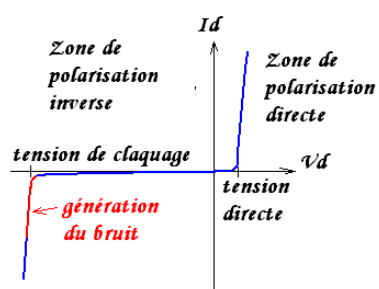
## HF, VHF, UHF...

(F4DXU)

<http://pagesperso-orange.fr/F4DXU/>

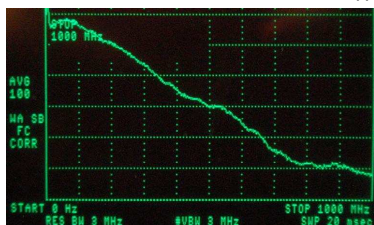
Dans le domaine de la mesure ou en radio, le bruit est un compagnon dont on se passerait volontiers mais dans la plupart des cas il faut faire avec. Sa mesure n'est pas simple et il est presque aussi difficile de créer du bruit de bonne qualité que de s'en débarrasser. Le nom de bruit blanc vient de l'analogie avec la lumière blanche qui contient toutes les fréquences. Une source de bruit couvrant une grande largeur de spectre avec de faibles variations du niveau de puissance rapporté à une bande passante de 1 Hz (densité spectrale en W/Hz) est un composant très onéreux. La description du prototype suivant se veut assez simple et surtout facilement reproductible.

L'élément clef d'une source de bruit peut être constitué d'une simple résistance<sup>1</sup> maintenue à une température donnée. A 290°K soit 17°C, la puissance du bruit à cette température a une valeur de -174dBm/Hz ce qui est extrêmement faible, cette puissance ne dépend ni de la valeur de la résistance ni de la fréquence. Mais heureusement, il y a des composants électroniques qui sont plus généreux comme par exemple les diodes ou les transistors lorsque certaines de leurs jonctions sont polarisées en inverse. Sur le schéma 1, la source de bruit est constituée par Q1, R3 (50 ohm) et le système de polarisation est constitué par R2 et P1.



Ce transistor est un 2N2222 très facile à trouver mais d'autres transistors peuvent aussi convenir. Il suffit d'essayer pour se rendre compte que certains transistors génèrent moins de bruit que d'autres et sur des plages de fréquences plus ou moins étendues et avec une certaine variation de la densité spectrale. La polarisation permet d'atteindre la zone en rouge (tension de claquage), le courant y est limité par P1, R2 et R3 pour éviter la

destruction de la jonction. Pour ce type de transistor, cette tension est de l'ordre de 7,5 V pour un courant d'environ 1.5 mA. En augmentant progressivement la tension de polarisation par le réglage de P1 et par là même le courant, j'ai pu observer plusieurs maximums de niveau de bruit avec une légère augmentation du niveau vers les hautes fréquences. Toutefois ce réglage peut être supprimé pour simplifier la source. Le niveau de bruit généré par ce transistor est tout de même faible et inférieur au plancher de bruit de l'analyseur de spectre



(HP8590A) qui m'a permis d'effectuer les mesures.

Un MMIC (Monolithic Microwave Integrated Circuit) élève ce niveau de bruit d'environ 1000 fois soit 30 dB pour qu'il puisse être mesurable (schéma 1). On constate que le niveau relatif varie en fonction de la fréquence (image ci-contre), donc que la densité

spectrale n'est pas constante. Ce n'est pas très grave car si l'on ne s'intéresse qu'à la portion de bande des HF, VHF ou UHF on constate alors que pour ces bandes de fréquences, la densité spectrale est constante à moins de 1 dB.

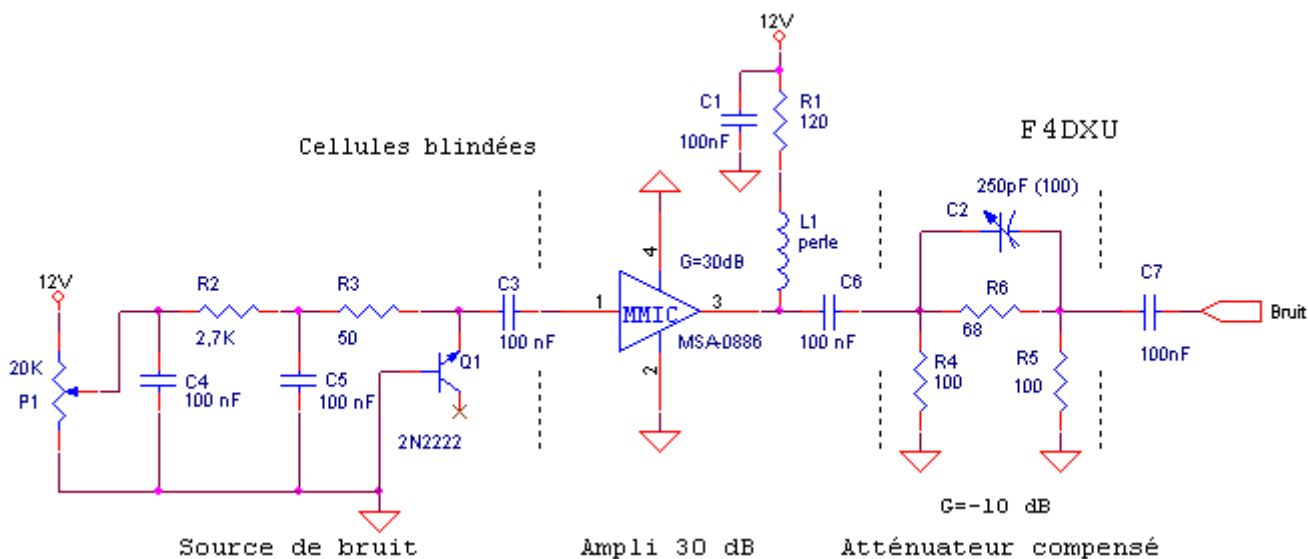


Schéma 1

Le signal passe ensuite au travers d'un atténuateur de 10 dB compensé en fréquence (ajustable par C2) qui permet de relever le niveau des fréquences élevées et de mieux fixer l'impédance d'entrée du MMIC suivant. Cette source produit du bruit jusqu'à environ 900 MHz, ensuite c'est le plancher de bruit de l'analyseur qui réapparaît.

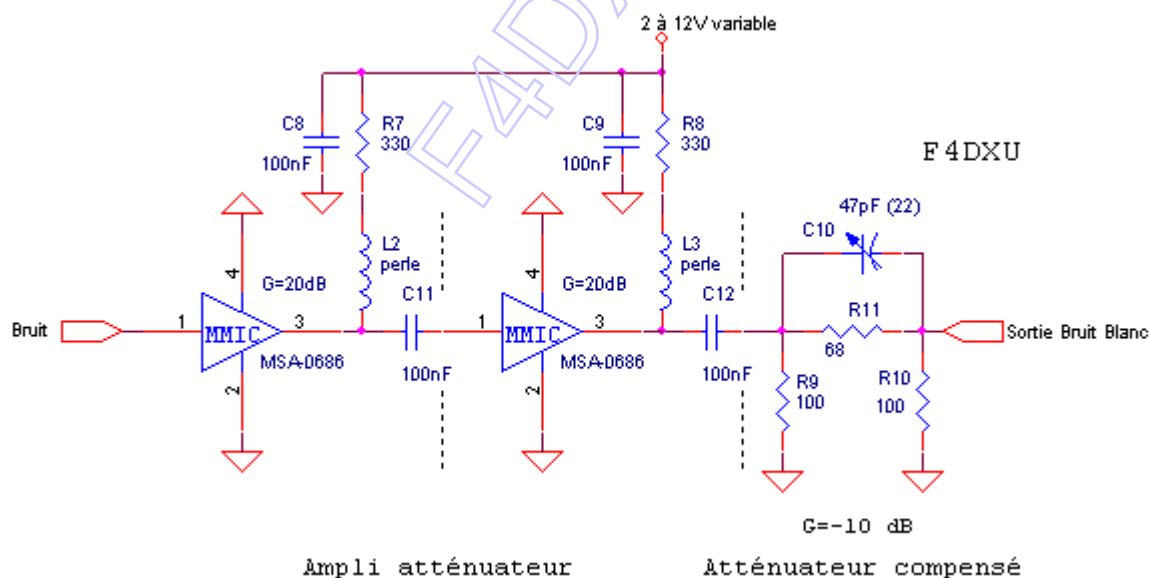


Schéma 2

Le bruit traverse ensuite deux MMICs (Schéma 2) en cascade et s'en trouve amplifié environ 10000 fois soit 40 dB puis traverse un second atténuateur compensé en fréquence (ajustable par C10) de 10 dB dont la fonction est identique au précédent. Ces artifices ont permis de remonter la pente du côté des hautes fréquences d'une vingtaine de dB. Ce groupement de MMICs est alimenté par une tension variable ce qui permet de modifier le gain dans des proportions importantes et permettra de calibrer ce générateur. En effet, le data sheet montre que le gain est variable en fonction du courant de polarisation d'où l'idée de le réduire au maximum. Ce système d'atténuateur variable est très efficace et l'isolement entre l'entrée

et la sortie de cet étage est supérieur à 60 dB. Toutes les fonctions élémentaires ont été blindées pour éviter les accrochages et les auto-oscillations entre les différents amplificateurs. Il y a une certaine disparité dans les caractéristiques de certains MMICs et notamment ceux à fort gain (30 dB) pour lesquels le point de fonctionnement est quelque fois impossible à atteindre ce qui induit des instabilités de fonctionnement (voir data sheet) et des valeurs de gain douteuses. Les performances de ce générateur peuvent être améliorées en utilisant des composants CMS malheureusement non disponibles dans les tiroirs du shack.

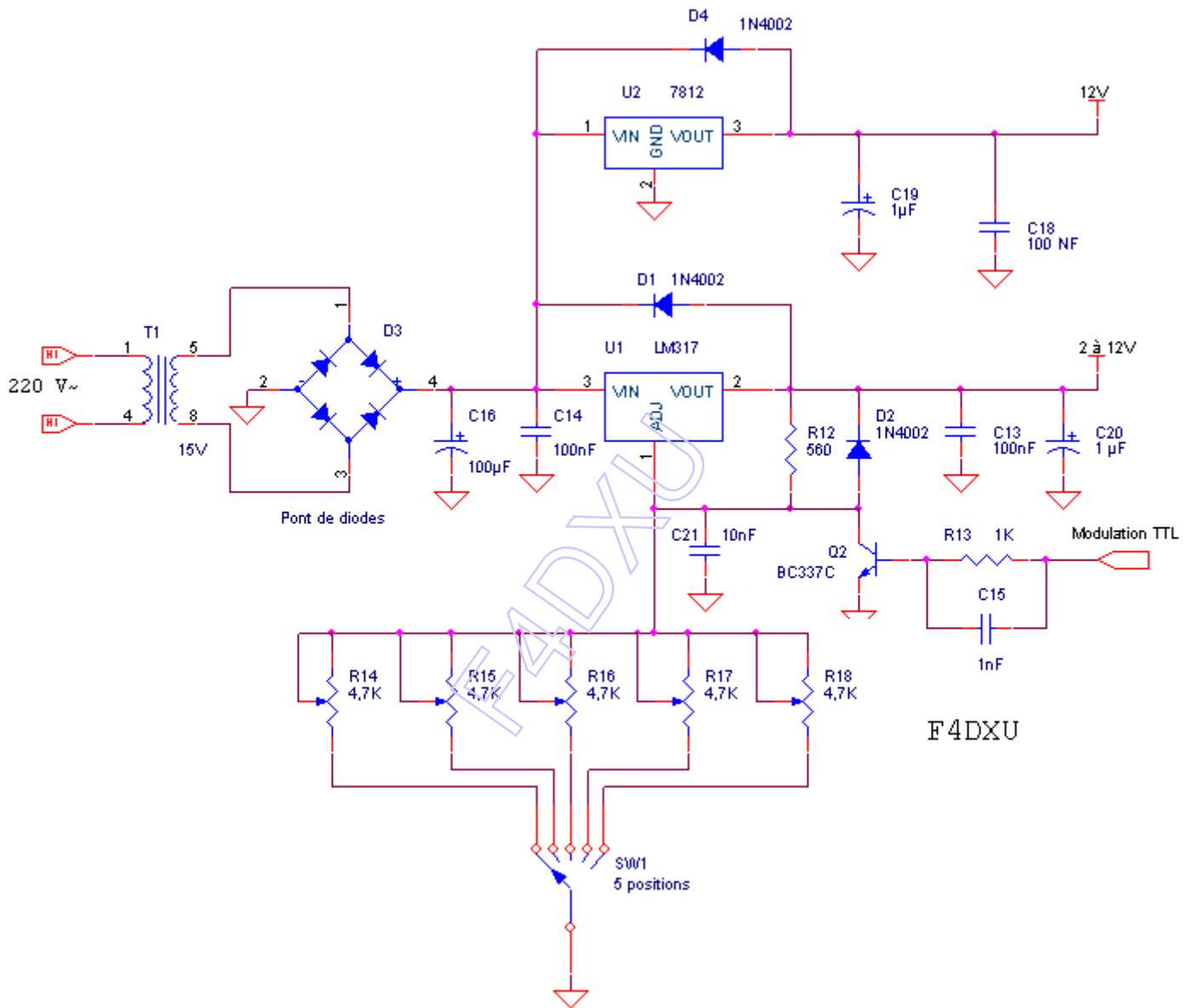
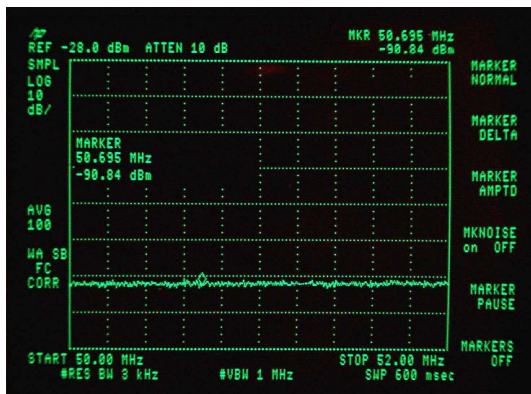


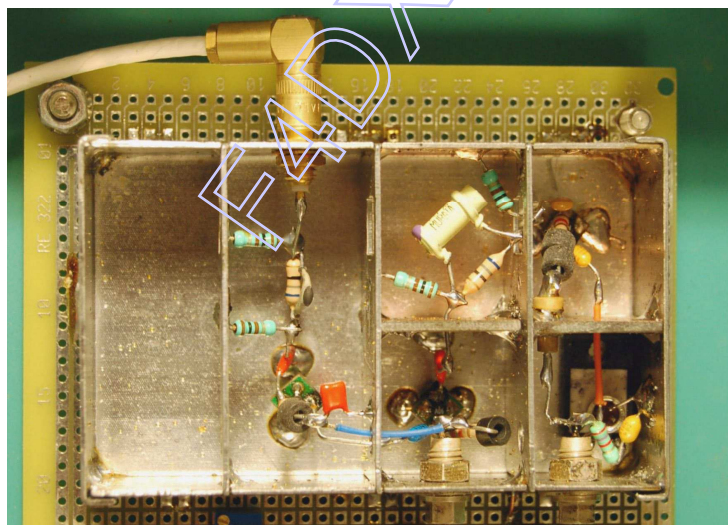
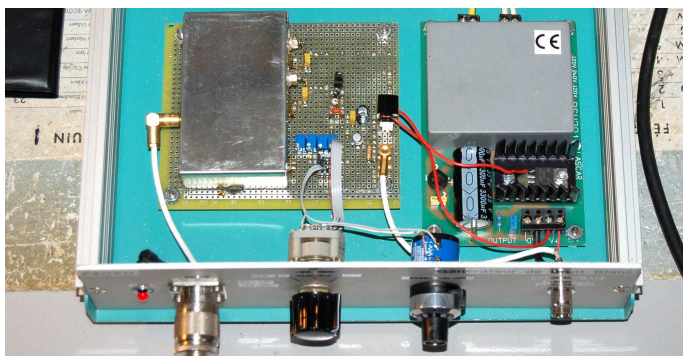
Schéma 3

L'alimentation variable (2 à 10V) est réalisée à partir d'un LM317L en boîtier TO92 qui peut fournir un courant d'environ 200 mA ce qui est suffisant pour alimenter les deux MMICs de la cellule amplificateur atténuateur. Cette tension d'alimentation est calibrée par 4 ajustables (R14 à R17) ce qui permet d'obtenir en sortie du générateur quatre valeurs de puissance de bruit pour le décimétrique, le VHF 6m, le VHF 2m et l'UHF. Ces puissances de bruit seront calibrées à S9 soit -73 dBm en HF et -93 dBm en VHF et UHF. Le dernier potentiomètre (R18) se trouve en façade du prototype pour permettre de régler le niveau de sortie entre « presque rien<sup>2</sup> » et la valeur maximum. En fonction des besoins, l'entrée TTL permet de moduler le bruit en tout ou rien.



Exemple de relevé du spectre (image ci-contre) du générateur de bruit blanc pour la bande 6m. La partie fluctuante du bruit à été moyennée 100 fois pour pouvoir effectuer une mesure de la puissance du bruit pour une bande passante de 3KHz. La valeur est d'environ -91 dBm ou -93dBm pour la valeur du filtre mécanique FI de mon FT897D qui a servi à calibrer la valeur du S9 et dont la bande passante est de 2,4KHz. A plus ou moins 1dB, la précision est suffisante.

D'autres mesures ont été effectuées sur tous les autres calibres et ont montré une grande platitude de la densité spectrale à moins de 1 dB, même sur la portion HF qui s'étend pourtant sur près de 30 MHz.

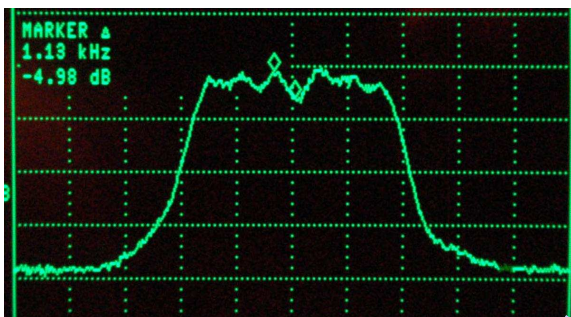


Les trois photos ci-dessus montrent le câblage et la mise en coffret du prototype. Voici une liste non exhaustive des possibilités et de l'utilisation d'un générateur de bruit blanc.

- C'est un très bon pis-aller lorsque l'on ne possède pas de générateur de tracking à associer à un analyseur de spectre pour relever la fonction de transfert d'un filtre, d'un amplificateur (gain) ou d'un préamplificateur. Les atténuateurs ne sont pas en reste puisqu'il est aussi possible de mesurer leur atténuation et/ou leur réponse en fréquence.
- Il est possible de mesurer les coefficients d'atténuation et de vélocité d'un câble coaxial, l'atténuation et/ou la fréquence de résonance d'un circuit accordé ou d'une antenne.
- Il devient très facile de calibrer ou de vérifier le S9 d'un S-mètre puisse que ce générateur possède quatre calibres dédiés aux fréquences HF, VHF 6m, VHF 2m et UHF. En Hf, le S9 est fixé à -73dBm alors qu'il est à -93dBm en VHF et UHF. C'est une recommandation de l'IARU.

- Il peut être utilisé avec à un oscilloscope, un voltmètre efficace vrai ou à un atténuateur variable connecté en sortie pour pouvoir effectuer des mesures lorsque l'on ne dispose pas d'un analyseur de spectre.
  - L'entrée de modulation (TTL) s'utilise conjointement à un générateur BF, ce qui permet de moduler le bruit en tout ou rien. Cette fonction est très pratique pour vérifier ou régler le CAG d'un récepteur ou comparer des niveaux de bruit.
  - Ce générateur peut aussi être la source de bruit d'un PANFI (Precision Automatic Noise Figure Indicator) ou Indicateur de Figure de Bruit Automatique de Précision. Appareil qui permet la mesure de la qualité d'un préamplificateur VHF par exemple, c'est à dire le rapport entre le Signal/Bruit de l'entrée et le Signal/Bruit de la sortie. Ce rapport se nomme « noise figure » ou figure de bruit et est exprimé en dB.
  - Il peut être aussi la source de bruit d'un pont de bruit.
- Enfin la sortie de ce générateur est fixée à 50 ohms puisque c'est une valeur remarquable dans le monde de la radio.

Voici un exemple d'utilisation de ce générateur de bruit blanc. La chaîne de mesure est constituée de ce générateur, d'un filtre 10,7 MHz et d'un analyseur de spectre.



L'image ci-contre montre la fonction de transfert de ce filtre passe bande. Il est possible de mesurer les fréquences de coupure à -3 dB, les pentes du filtre, de dire que ce dernier est très certainement d'un ordre 6, qu'il a un taux d'ondulation assez important (~5 dB) et un léger défaut au centre de sa bande passante. Ce défaut d'ondulation est certainement du

au non respect de l'adaptation d'impédance entre le filtre (non connue) et les éléments de la chaîne de mesure (50 ohms). Ceux qui ne possèdent pas d'analyseur de spectre peuvent tout de même tracer cette fonction de transfert « à la main ». La chaîne de mesure sera alors constituée d'un générateur HF, du filtre en question, d'un voltmètre HF, d'un tableur ou d'une feuille de papier calque et de beaucoup de patience pour relever point à point la fonction de transfert de ce filtre.

Jean-Marc, F4DXU  
Mars 2010

Annexes :

<sup>1</sup>  $P_{\text{bruit}}(w) = KTB$  avec  $K=1.38.10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$ , T la température en Kelvin et B la bande passante en Hz.

<sup>2</sup> « presque rien » = -174 dBm/Hz à environ 17°C.

Bibliographie : Techniques de l'ingénieur.

Internet (bruit blanc, bruit thermique, densité spectrale, ...).

Mel: [f4dxu@orange.fr](mailto:f4dxu@orange.fr)